

초등학생을 위한 유한상태 오토마타 교육자료 개발

고형철* · 김종우**

제주 장전초등학교* · 제주대학교 초등컴퓨터교육전공**

요 약

언플러그드교육은 초등학교에서 실시하려는 SW교육의 주된 요소로 제시되고 있다. 이 자료는 Timbell 외 2가 제작한 컴퓨터과학에 대한 여러 가지 주제별로 자료를 제시하고 있다. 이들 중에 유한상태 오토마타 교육은 우리의 실정에 적합한 교수법과 교육자료의 개발이 필요하다. 본 연구에서는 이 주제와 관련된 선행 연구를 바탕으로 초등 고학년의 발달단계에 적합한 자료를 개발하였다. 학습모형은 학습자의 자기주도적 활동중심학습으로 구성하였으며, 제시된 교육자료와 교수법은 전문가 집단의 검증과 실험집단의 분석을 통해 적절하다는 결론을 얻었다.

키워드 : 컴퓨터과학 언플러그드, 유한상태 오토마타, 자기주도적학습, 활동중심학습, 교육자료

Development of Finite State Automata Learning Materials for Elementary School Students

Hyungchul Go* · Chongwoo Kim**

Jeju Jajeun Elementary School* ·

Major in Elementary Computer Education, Jeju National University**

ABSTRACT

CS Unplugged education is emphasized as the component of the basic principles of Elementary SW education. This document produced by two other Timbell presents the contents in a variety of topics about computer science. One of the main components is the finite Automata, and this requires the development of educational materials for teaching our situation. So We'll present the finite Automata learning materials for elementary school classes. Learning model that we have presented is a process of self-directed and activity-based learning. For verification of this experiment was the validation of the expert group and was concluded that adequate through the analysis of the diagnostic tests.

Keywords : CS Unplugged, Finite Automata, Self-Directed Learning, Activity-Based Learning, Learning Materials

이 논문은 2016학년도 제주대학교 교원성과지원사업에 의하여 연구되었음

교신저자 : 김종우(제주대학교 초등컴퓨터교육전공)

논문투고 : 2016-08-07

논문심사 : 2016-08-09

심사완료 : 2016-08-29

1. 서론

초등 소프트웨어 교육에서 컴퓨팅(computing)개념을 습득하는 것은 매우 중요하다. 컴퓨팅 능력은 컴퓨터용 프로그래밍 능력뿐 아니라, 컴퓨터 기술 자원을 개발하고 사용하는 모든 활동에서 필요로 하기 때문이다[2][6]. 우리나라의 2015 개정교육과정에서는 초등 ‘실과’, 중등 ‘정보’의 교과에서 제시되고 있는 컴퓨팅 사고력(computational thinking)은 모든 교과에서 컴퓨팅을 기반으로 하는 문제해결 방안을 제시하려 하고 있다 [7][9][15][16][17].

이러한 컴퓨팅에 대한 교육은 조기 교육의 효과가 입증되고 있으며[5][11], 컴퓨터과학 초보자들을 위해 개발된 교육은 영국[12], 미국[5]을 비롯해 여러 가지 교육자료들로 제시되고 있다. 특히 Tim Bell, Ian H. Written, Mike Fellows[1]이 개발한 컴퓨터과학 언플러그드(computer science unplugged)은 컴퓨터과학 초보자(예. 초등학생)를 대상으로 실생활에서 사용되고 있는 컴퓨터과학의 사례를 중심으로 게임과 놀이를 통해 컴퓨터과학의 기본 개념의 원리를 배울 수 있도록 제시하고 있다. 그러나 이 자료를 그대로 사용하기에는 학습 대상 연령, 학습 주제의 난이도, 교사의 숙련도 등의 문제점들이 있어 우리 교육 현실에 적합한 자료의 개발이 요구되고 있다[10][11]13[14].

본 연구에서는 Tim Bell의[2인[1]의 교육자료 중에

“Telling Computers What To Do—Representing Procedures Treasure Hunt— Finite-State Automata”

절차표현 영역을 대상으로 우리나라 학교 현실에 적합한 초등학교 고학년(5~6)용 1차시 교육자료를 개발하여 현장의 적용 및 평가를 실시하였다.

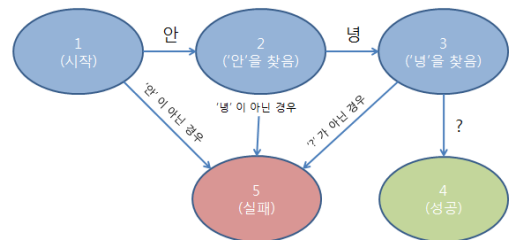
2. 유한상태 오토마타의 교육방안

2.1 유한상태 오토마타의 개념

오토마타에 관한 연구는 주로 자동화에 관한 기계적 처리의 알고리즘을 중심으로 이루어지고 있으며, 언어를

정의하는 데에도 사용될 수 있는데, 받아들여지는 모든 단어를 포함하고 그 문법으로 기계를 구성할 수도 있다. 이렇게 유한 오토마타로 구성이 가능한 언어를 “유한 오토마타가 받아들일 수 있는 언어”라고 한다. 정의에 의해 유한 오토마타가 받아들일 수 있는 모든 언어는 정규 표현식이다. 또한 역도 성립한다. 즉, 모든 정규 표현식은 유한 오토마타가 받아들일 수 있다. 유한상태 오토마타는 어떤 알파벳 T로 부터 만들어지는 문자열의 특별한 것들을 받아들이는 시스템의 수학적 모델로서, 그 시스템의 변화할 수 있는 상태가 유한개인 것을 말한다.

예를 들어 (Fig. 1)에서 ‘안녕?’이라는 단어와 일치하는지 여부를 판단하는 유한 상태 기계의 예시이다. 각각의 단계에서 입력된 값을 유한 상태 기계에서 자동적으로 찾고자 하는 단어와 비교하여 입력된 값이 참일 경우 다음 단계로 자동으로 작동하고 입력값이 거짓일 경우 입력값 오류를 실행시킴으로써 입력값에 대해 컴퓨터가 유한한 결과값 내에서 자동으로 참과 거짓을 구분할 수 있도록 만들 수 있다. 예와 같이 유한상태 오토마타는 입력으로 문자열을 받아서, 그 문자열이 그 언어의 문장이면 “yes”를 답하고 그렇지 않으면 “no”라고 답하는 프로그램이다.



(Fig. 1) Finite state automata in language

2.2 교수 활동의 주안점

컴퓨터 프로그램은 문서상의 단어나 문자 또는 다른 컴퓨터 프로그램의 문자를 처리해야 한다. 컴퓨터 과학자들은 이와 같은 작업을 위해 유한상태 오토마타를 이용한다.

유한상태 오토마타는 컴퓨터에서 문자를 처리할 때

사용하는 컴퓨터 과학 원리로 단어나 문자열을 컴퓨터가 인식할 수 있도록 확인할 수 있다. 어떤 유한상태 오토마타는 알 수 없는 무한 반복이 존재할 수 있기에 같은 내용을 계속 반복할 수 있고 이런 경우 시스템 설계 오류로 볼 수 있으며 사용자는 해당 서비스(예. 자동응답서비스) 이용에 대해 많은 불만을 가질 수 있다.

<Table 1> The process of finite state automata

principle		
finite state machine	finite state automata → natural language ⇒ machine language	present result machine language ⇒ natural language
activity		
treasure hunt map	choice path of A or B	search treasure island
example1		
ARS	input number of 1, 2, 3...	wanted services
example2		
ATM	choice of cash withdrawal, balance inquiry...	wanted services

<Table 1>의 원리(principle)의 유한상태 오토마타에서 제시하는 바와 같이 컴퓨터가 인간의 언어인 자연어를 바로 이해한다는 것은 불가능하다. 하지만 자연어를 컴퓨터가 해석할 수 있는 인위적인 언어로 번역하여 제시한다면 컴퓨터는 자연어를 이해할 수 있게 된다. 컴퓨터에서 사용하는 인위적 언어는 자연어를 컴퓨터가 이해할 수 있는 언어인 기계어로 쉽게 변환할 수 있도록 해주기 위해 유한상태 오토마타의 원리를 사용하고, 이것을 컴퓨터가 직접 실행할 수 있는 원시 언어 형태로 변환시킨다.

2.3 학습 활동의 개관

유한상태 오토마타의 학습 진행은 원리이해 교육과 활동 학습으로 <Table 2>와 같다.

<Table 2> Finite state automata learning process

steps	subjects	learning contents
step1	problem recognition	▷What is Computer to communicate with people?
step2	activity 1 (free inquiry activity)	▷Hello ? : It is ARS
step3	concept exploration (suggested inquiry activity)	▷finite state automata
step4	activity 2 (make modeling by explored principle)	▷Find the treasure !
step5	review and conclusion	

2.4 학습 과정안의 개요

- 제재 : 보물을 찾아라 유한상태 오토마타
- 소요시간 : 50분
- 학습모형 : 자기주도적 활동중심학습으로 개별활동 / 소집단활동으로 운영한다.
- 학습목표 : 유한-상태 오토마타의 원리를 이해하고 보물찾기 활동을 통해 사람과 컴퓨터간의 의사소통 과정을 경험한다.
- 학습자료
 - 교사 : 보물 지도, 섬 카드, 활동안내판
 - 학생 : 보물 지도, 필기도구
- 유의사항
 - 활동 전에 각자의 역할을 충분히 설명해주어 소란스럽지 않도록 한다.
 - 충분한 시간적 여유를 주어 학생들의 사고를 자극할 수 있도록 유도한다.

3. 교수 · 학습의 실제

유한상태 오토마타의 원리가 실생활 속에서 사용되고 있는 사례를 제시하고, 보물찾기 활동을 통해 사람과 컴퓨터 간의 의사소통과정을 경험하는 학습과정을 수행한다.

3.1 동기유발

- 사람과 ‘대화’하는 컴퓨터
 - 엘리자프로그램을[8] 이용하여 컴퓨터와 대화하는 상황 보여주기
 - 음성인식 프로그램에서 검색어를 입력하고, 검색되는 상황 보여주기
 - 컴퓨터는 사람이 사용하는 말 또는 글자를 어떻게 알아들을 수 있을까요?
- 학습문제
 - 유한상태 오토마타의 원리를 이해하고 보물찾기 활동을 통해 사람과 컴퓨터 간의 의사소통과정을 경험한다.
- 학습 안내하기
 - 활동 1 : ‘ARS(자동응답)’ 만들기
 - 활동 2 : ‘보물섬 찾기’
 - 개념 쑥쑥 : 유한상태 오토마타 이해하기

3.2 활동 1(‘ARS’ 만들기)

활동1은 생활 속의 유한상태 오토마타를 체험하기 위해 주변에서 쉽게 접할 수 있는 ARS를 놀이 형태로 만들어 시행한다.

- 학습모형 : 개별, 자기주도적 활동중심학습
- 학습시간 : 20분
- 학습자료 : 색종이(조별 12장), 전지(조별 1장), 필기구, 메모카드(ARS카드 제작용)
- 유의사항 : 다양한 형태의 정보를 제시할 수 있도록 ARS의 예는 간단히 들도록 하고, 유한상태의 정보라는 개념을 학생들이 명확히 이해할 수 있도록 “● 지도의 TIP”에 유념하여 지도한다.

◆ ARS(자동응답시스템)

- ARS(Automatic Response Service)가 사용되는 곳 알아보기
 - ARS 시스템이 생활에 활용되고 있는 분야 또는 예에는 어떤 것들이 있을까요?
 - 학교 및 관공서 자동응답, 휴대전화 고객센터, 홈쇼핑 등

- 간단한 ARS(Automatic Response Service) 구상하기
 - ARS 시스템 주제 정하기
 - 12장의 종이를 이용하여 휴대전화 다이얼 버튼을 만든다.
 - 앞면에는 숫자 1,2,3,4,5,6,7,8,9,0과 특수기호 *, #를 쓰고, 각각의 버튼에 들어갈 정보를 종이 뒷면에 기록한다.
 - ARS 카드에는 찾고자 하는 정보를 적는다.
- ARS(Automatic Response Service) 체험하기
 - 상대모둠에서 작성한 ARS 카드를 1장 선택하여 해당 정보를 찾기 위한 다이얼을 눌러 원하는 정보를 얻기 위한 최단 경로를 찾아본다.
 - 다듬어지지 않은 다양한 ARS 시스템을 경험해 보면서 시스템을 설계하는 프로그래머의 경우 해당 숫자에 알맞은 정보를 알맞게 그리고 최단 경로로 찾아갈 수 있도록 구성해야 한다는 것을 활동을 통해 느끼게 한다.

● 지도의 TIP

완벽한 ARS 시스템을 만들기 위한 노력보다는 각각의 숫자 뒷면에 정보가 있음을 인지시키고 이를 통해서 유한한 정보를 담고 있는 시스템에서 사용자의 입력을 통해 컴퓨터는 사용자가 원하는 정보를 찾을 수 있도록 해주는 과정을 경험시키는 것이 중요하다.

3.3 활동 2(‘보물섬 찾기’)

활동2는 Timbell 외 2인[1]에서 제시하고 있는 ‘보물섬 찾기’를 응용해서 미지의 결정에 대한 규칙성을 찾는다.

- 학습모형 : 개별/소집단, 자기주도적 활동중심학습
- 학습시간 : 20분
- 학습자료 : 보물섬 지도, 각 코너별 섬카드, 필기구, 보물용 학용품
- 유의사항 : 소집단(3~4명)으로 팀을 구성하고, 탐험가는 개별, 안내진은 소집단으로 구성. 지도와 섬카드의 색을 맞춰서 안내, 지도에 경로 표시 방법 안내(섬과 섬을 선으로 잇고, 선택한 섬카드를 기록)

◆ 보물을 찾아라

· 보물 찾기 활동 설명

- ① 탐험가(학생)에게 빨간색 지도와 파란색 지도 중 1개를 선택하도록 한다.
- ② 해적섬에서 1명씩 출발하게 하고, 다음 섬에 도착하면 해적(섬 역할을 맡은 학생)에게서 각자의 색에 일치하는 섬 카드 A, B 중 1장을 선택하여 다음 섬 경로를 파악한다.
- ③ 탐험가(학생)는 각각의 섬에서 얻은 경로에 대한 정보를 자신의 지도에 표시한다.
- ④ 보물섬에 도착한 후에 자신의 경로를 표시한다.
- ⑤ 최단 경로로 도착한 탐험가(학생)에게는 보너스 보물을 수여한다.
- ⑥ 빨간색 지도와 파란색 지도의 경로를 비교하여 최적화된 경로의 지도를 생각해본다.

· 기록된 경로를 그래프이론에 따라 표현해 본다.

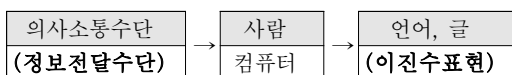
· 처리과정 : 자연어(사용자가 원하는 정보) 입력

- 프로그래밍 언어(유한-상태 오토마타 입력값 연결) 번역
- 원시 언어(이진수) 형태로 변환
- 컴퓨터의 연산
- 원시언어 형태로 정보 표시
- 프로그래밍 언어에서 자연어로 번역
- 자연어 형태로 정보 표시

로 진행한다.

● 지도의 TIP

유한상태 오토마타는 컴퓨터에서 문자처리를 할 때 사용되는 컴퓨터과학 원리이며, 유한한 정보들의 값을 컴퓨터가 알아들을 수 있는 숫자정보(이진수)와 연결을 짓고, 사용자의 선택에 따라 자동적으로 원하는 정보(유한한 정보들 중에서)를 찾아 갈 수 있도록 설계되었다. 사람의 의사소통수단으로서 언어와 글이 사용되듯이, 컴퓨터 내부에서도 정보전달의 수단으로 '0'과 '1'로 이뤄진 이진체계를 사용한다는 내용의 아래 그림을 완성하게 하여 학생 스스로 그 관계를 연결 지으며 학습내용을 정리할 수 있도록 유도한다.



3.4 종합 및 검토

두 가지 활동을 통해 학습주제에 대한 내용을 정리한다.

- ARS 시스템 만들기 활동과 보물찾기 활동의 공통점 찾기
 - 오토마타란?
 - 유한상태일 때의 제한점은?
- 유한상태 오토마타의 원리 찾기
 - 정해진 정보 안에서 사용자가 원하는 정보를 찾아갈 수 있도록 구성된 재정의

3.5 평가

유한상태 오토마타의 원리에 대해 이해하고 이를 응용한 게임 활동의 목표를 달성할 수 있다.

· 평가시기 : 수업 중 관찰 및 지문평가

· 평가기준 :

- 상 : 유한-상태 오토마타의 원리에 대해 바르게 이해하고 이를 이용한 게임 활동의 목표에 정확하게 도달할 수 있음
- 중 : 유한-상태 오토마타의 원리에 대한 이해는 양호한 편이나 이를 이용한 게임 활동의 목표 달성에 약간의 어려움을 느낌
- 하 : 유한-상태 오토마타의 원리에 대한 이해가 어렵고 이를 이용한 게임 활동에 있어 많은 어려움을 느낌

4. 현장 적용 사례 분석

4.1 분석대상 및 설계모형

분석 대상의 선정은 파일럿 실험 중인 교육자료 개발 과정인 것을 고려하여 CS Unplugged 교육을 수행 중인 제주도의 영재학급을 대상으로 하였다.

본 논문에서 교육자료에 대한 타당성 확보를 위해 초등 컴퓨터교육의 전문가 집단을 대상으로 자료검증 및 실험 학급의 학생들의 학업 성취 수준을 조사하였다. 개발되어진 유한상태 오토마타 교육자료 개발의 가설은 다음과 같다.

가설 : 유한상태 오토마타 교육자료는 학습목표에 효과적으로 도달 할 수 있다.

4.2 설계모형의 전문가 집단 의견

개발된 교육자료에 대한 전문가 의견을 위해 초등 컴퓨터교육 분야의 교수 및 초등학교 정보 담당 교사를 대상으로 총 6개 문항에 대해 검토 및 토론을 실시하였으며, 그 결과로 각 유형에 대해 15가지 주요 의견들이 제시되었으며, 이를 교육자료에 반영하였다.

- 교육자료의 선정
 - 유한상태 오토마타의 개념을 처음 접하는 학생들을 위하여 생활속의 자료 찾기가 필요
 - 예제 파일을 통해 자유롭게 사용해 보는 활동 추가
- 교재의 구성
 - 시범 보이기와 다양한 사진 자료의 필요성
 - 학생의 흥미와 이해를 도울 제제의 사용
 - 학습 중 일어날 수 있는 오류에 대한 설명
 - 마지막 [활동2] 단계에서 모둠활동에 충분한 시간이 필요
 - 차시 구성을 안내 할 수 있는 자료가 필요
- 학습목표
 - 생소한 용어에 대한 설명과 학습목표에 도달 했을 때 이루어지는 확장성 필요
- 활동중심 학습의 적합성
 - 개별 활동 영역(활동 1)과 팀별 활동 영역(활동 2)의 보조학습 자료가 같이 사용 할 수 있는 방법이 필요
- 표현의 오류
 - 내용을 구성하는 용어의 통일이 필요
- 학습수준
 - 초등학교 5, 6학년 수준에 적합
 - 시간을 유동적으로 사용할 수 있는 방과후 프로그램으로 운영이 더 효과적으로 될 수 있음(탐구반, 발명반, 컴퓨터반 등 특별반에 효과적인 교재가 될 수 있음)

<Table 3> The survey of Experts

Contents	mean	s.d.
learning materials	4.00	.33
composed of materials	4.01	.40
learning objectives	3.90	.35
suitability of the activity-based learning	4.20	.65
error of expression	3.70	.50
learning levels	4.03	.22
means	3.97	.41

4.3 실험집단의 분석

실험대상은 초등 6학년으로 구성된 영재학급 교육에서 연중 프로그램 중에 유한상태 오토마타의 영역에 대한 교육이 실시되었다.

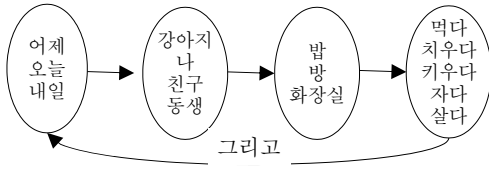
학습자의 일반적 특성에서 ‘친구에게 자신의 생각을 전달하는 주된 방법’으로는 주로 만남(80%), 컴퓨터에 대한 자신감에서 보통이상으로 사용한다(95%)로 나타났다. SW교육의 미래에 대한 기대에서 미래에 성공 할 수 있다(50%), 친구와 같이 놀 수 있다(35%)로 미래와 친구관계의 향상에 기여 하는 것으로 생각하고 있다. SW교육에 대한 경험을 일반학급[22]과 비교한 <Table 4>에서 스크래치와 언플러그드 교육이 강화되고 있는 것으로 나타난다.

<Table 4> Description statistics of experienced SW

experienced SW	Ratio(%)	
	General	Gifted
Scratch / Entry	57.9	100
CS Unplugged	68.4	90
Arduino	10.5	25
PowerPoint	94.7	86
호글	89.5	71

학습자의 학업성취 수준을 위한 분석은 활동중심 학습에서 이루어진 “보물을 찾아라”를 지문 형태로 제작하여 섬을 유한상태의 낱말로 구성하고 경로를 다음 섬으로 이동하면서 문장을 구성하는 과정을 질문하였다.

<질문1> “텍스트 아일랜드에서 선택한 낱말을 화살표를 따라가며 원하는 문장을 2개 이상 만드세요.”



<질문2> “질문1에서 이루어질 수 있는 문장의 종류는 몇 가지일까요?”

학습자들의 응답에 대한 관찰과 검토에서 학생들 모두가 무난하게 문장을 완성하였으며, 경우의 수를 세는 것에도 빠르게 익숙해지는 것으로 나타났다. 이러한 원인은 질문지의 그래프 형태에 대한 교사의 설명이 필요하였으며, 이 과정에서 학생들은 단순 선택과 연결의 처리를 하였고, 이 과정에서 의문점으로 어떤 낱말을 선택할 것인지를 문장의 맥락에 맞춰 고르는 형태로 진행되었다. 학생들의 답의 사례로는

(학생1의 답) 오늘 나는 방을 (깨끗이) 치웠고 내일 강아지를 방에서 키울 것이다

(학생2의 답) 오늘 동생에게 방을 치우라고 하고 오늘 나는 방에서 잤다.

와 같이 시작 영역에서 낱말 중 하나를 고르고 이에 적합한 낱말을 다른 영역에서도 선택한 후에 적합한 조사와 어미를 입으로 만들어 넣었다. 우리말에서 조사와 어미는 다양해 사전에 제시가 어려웠다.

4.4 가설의 검증

본 연구는 전문가 검증과 실험에 참가한 학습자 검증으로 이루어져 있다. 전문가 검증에서는 본 주제가 통상적으로 어려운 주제라 여겼던 분야인 점을 고려해서 현장적용의 적합성에 초점을 둔 평가를 실시하였으며 (<Table 3>), 그 결과는 모든 평가 문항이 긍정적으로 분석되었으며(3.97/5.00), 학습자를 대상으로는 수업 중에 관찰/지필 평가를 사용하였다. 사례에서 보여 주듯이 <질문>에 대한 학습자들의 답에서 각 영역(섬)에서 적합한 단어와 문장 연결 고리를 선택하여 문장을 구성하고 있으며, 각 영역에서의 선택이 유한상태입에도 다양한 표현이 가능하며, 각 영역에 주어진 단어들은 주제에 따라 선정되는 것을 학습하였다. 특히 생활에서 유한개

단어를 사용한 표현들이 사용되고 있는 것을 발견하였다. 이러한 점들을 고려하면 본 연구에서 개발된 교육자료는 유한상태 오토마타 교육의 학습목표에 무난하게 도달할 것으로 평가된다.

5. 결론

본 연구는 유한상태 오토마타에 대한 개념을 초등학교 수준에서 그 출발점 행동과 선수학습 체계로 활용할 수 있는 초급용 교재를 목표로 진행하였다.

SW 교육과정의 학습내용을 선정함에 있어 본 주제와 같은 통상적으로 어려운 주제라 여겼던 분야에 대한 전문가 의견에서 모든 평가 문항이 긍정적으로 분석되었으며 지문식 설문과 관찰을 통한 현장 실험에서 학습 주제가 어려울 것이라는 통념과 달리 학습목표에 학생들은 쉽게 도달할 수 있었으며, 개발된 교육자료가 적절하다는 결론을 얻었다. 본 연구를 통해 한글을 사용하는 유한상태 오토마타교육을 위해서는 한글의 조사와 어미에 대한 연구가 필요함이 나타났다.

본 연구는 컴퓨터과학 원리를 교육하기 위한 사례연구이다. 이러한 연구가 폭넓게 이루어져 현장교육에 적합한 컴퓨터과학 교육자료가 개발 될 수 있기를 기대한다.

참고문헌

- [1] Bell T. C., Witten I. H. & Fellows M. (2015). <http://csunplugged.org/>
- [2] Berry, M. (2013). Computing in the national curriculum. A guide for primary teachers. Bedford: Computing at School.
- [3] Code.org (2015). <https://code.org/>
- [4] CSTA (2011). Computational Thinking in K-12 Education Teacher Resources, 2nd.
- [5] Denning P. J. (2009). Beyond Computational thinking. *Communications of the ACM*, 52(6), 28-30.
- [6] Eliza (2016). <http://www.manifestation.com/neurotoys/eliza.php3>
- [7] Gagne R. M. (1963). The learning requirements for

enquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 1(2), 144-153.

- [8] Go HyungChul (2009). The Development of the Information Discretion Activity in the elementary school teaching materials for the creative problem-solving ability, Jeju National University, MS Thesis.
- [9] Go Hyungchul, Kim ChongWoo (2015). The study on the development of the binary system teaching contents for the characters.
- [10] GOV.UK (2014). <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-framework-for-key-stages-1-to-4/the-national-curriculum-in-england-framework-for-key-stages-1-to-4>.
- [11] Han ByoungRae (2013). The Research of Unplugged Computing Method for Computational Thinking in Elementary informatics Education, *KAIE*, 3(2), 159-167.
- [12] KAIE (2015). Elementary Curriculum Information Systems, The Korea Association Of Information Education.
- [13] NRC (2010). Report of a Workshop on The Scope and Nature of Computational Thinking, The National Academies Press, National Research Council. National Research Center.
- [14] ____ (2011). Report of a Workshop of Pedagogical Aspects of Computational Thinking, The National Academies Press. National Research Center.
- [15] Wing J. M. (2010). Computational Thinking: What and Why?, <https://www.cs.cmu.edu/~CompThink/resources/TheLinkWing.pdf>informatics Education, *KAIE*, 3(2), 159-167.

저자소개

고 형 철



2004 제주교육대학교(학사)
 2009 제주대학교 교육대학원 초등
 컴퓨터교육전공 교육학석사
 2004~현재 초등학교 교사
 관심분야: 컴퓨터교육, 프로그래
 밍, computational thinking
 e-mail: sseven007@naver.com

김 종 우



1989~현재 제주대학교 교육대학
 초등컴퓨터교육전공 교수
 관심분야: 컴퓨터교육, computa-
 tional thinking education,
 CS Unplugged
 e-mail: woo@jejunu.ac.kr